

## รายการอ้างอิง

- เกษม พงษ์มณี. 2536. การผลิตเอนไซม์แอลคาไลน์โปรตีเอสโดยเชื้อ *Bacillus subtilis* TISTR25. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กุลทิศา รัตนเวคินรักษ์. 2539. การผลิตและการทดสอบน้ำยางข้น. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเคียนสโตร์.
- ปกรณ จิโรจน์กุลกิจ. 2532. การแยกให้บริสุทธิ์และการศึกษาสมบัติของแอลคาไลน์โปรตีเอสจากเชื้อ *Bacillus subtilis* TISTR 25. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พงศธร กุสกุล. 2537. การผลิตยางโปรตีนดำในระดับขยายส่วน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรรณสุนันท์ เจียรรุ่งแสง. 2543. การลดโปรตีนของยางธรรมชาติโดยโปรตีเอสร่วมกับพลังงานไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพียรพรรค ทศกร. 2542. ยางธรรมชาติ. ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (อัคราณา)
- รัตน์ เพชรจันทร์. 2527. ยางพารา. เอกสารการนิเทศศึกษา. ฉบับที่ 264. กรุงเทพมหานคร: หน่วยศึกษานิเทศ กรมการฝึกหัดครู.
- วรรณงาม วีระผาสุก. 2538. ผลของภาวะการผสมต่อความหนืดของยางธรรมชาติโปรตีนต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชาการเกษตร, กรม. สถาบันวิจัยยาง. 2539. คู่มือเทคโนโลยียาง. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- วิชาการเกษตร, กรม. สถาบันวิจัยยาง. สถาบันวิจัยยาง. 2548. สถิติยาง. กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2000. List of Culter. 6<sup>th</sup> edition. กรุงเทพมหานคร.

- ศิริวรรณ จงจระศิริ. 2527. การศึกษาเครื่องหมายแบบหลายชั้นในการผลิตน้ำส้มสายชูจากไวน์  
สับปะรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย  
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ศิริวัลย์ บุญสุข. 2542. การพัฒนาทางธรรมชาติโปรตีนแอลกอฮอล์ต่ำโดยกระบวนการสะพอนิฟิเค  
ชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- สนธยา ศรีเมฆ. 2533. ผลของสารตั้งต้นคอาร์บอนและไนโตรเจนต่อการผลิตโปรตีนเอสและ  
เอนไซม์ในไนโตรเจน เมแทบอลิซึม ของ บาซิลลัส สับคิลิส TISTR25. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาชีวเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมบูรณ์ ธนาสุภวัฒน์ และ สุวิมล กิรติพิบูล. 2542. รายงานผลการวิจัยอนุกรมวิธานและการ  
ใช้ประโยชน์ของแบคทีเรียกรดอะซิติก. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังสี. 2540. ยางธรรมชาติเบื้องต้น. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุรศักดิ์ สุทธิสงค์. 2005. “การทำสวนยางแบบเก่าแก่”, *The rubber international*. 7 : 42.
- อลิสา วั่งไฉ. 2538. การตรึงรูปปาดเพื่อลดปริมาณโปรตีนในน้ำยางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ASTM Standard, D3194-84. 1984. Standard Method of Testing Rubber from Natural Sources  
Plasticity Retention Index (PRI). U.S.A.
- ASTM Standard, D3517-84. 1984. Standard Test Method for Rubber from Natural Sources-  
color. U.S.A.
- ASTM Standard, D3533-90. 1990. Standard Method of Testing Rubber-Nitrogen  
Content. U.S.A.
- ASTM Standard, D1278-91a. 1991. Standard Test Method for Rubber from Natural Sources  
Chemical Analysis. U.S.A.
- ASTM Standard, D412. 1992. Standard Test Method for Vulcanized Rubber and  
Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers-Tension. U.S.A.
- ASTM Standard, D1646-94. 1994. Standard Test Method for Rubber-Viscosity. Stress-  
Relaxation and Pre-vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer). U.S.A.
- Brydson J.A. 1978. Rubber chemistry. Applied Science Publishers LTD. London.

- Frebortova, J. , Masushita, K. and Adachi, O. 1997. Effect of growth substrates on formation of alcohol dehydrogenase in *Acetobacter methanolicus* and *Acetobacter aceti*. J. Ferment. Bioeng. 83: 21-25.
- Gali, V. ,Olmo, N. and Barbas, C. 2002. Capillary electrophoresis for the determination of new markers of natural latex quality. J. Chromatogr. A 949:367-372.
- Hirokazu oiki., Kenji sonomoto. And Ayaaki ishizaki. 1996. Growth- stimulating effects of natural rubber serum on *Bifidobacterium bifidum*. J. Ferment and Bioeng. 82: 165- 167.
- Jandrossek, D. , Tomasi, G. and Kroppenstedt, R. 1997. Bacterial degradation of natural rubber: privilege of *actinomycetes*? FEMS Microbiol. Lett. 66: 179-188.
- Jitka frebortova., Kazunobu Matsushita. And Osao Adachi. 1997. Effect of growth substrates on formation of alcohol dehydrogenase in *Acetobacter methanolicus* and *Acetobacter aceti*. J. Ferment. Bioeng. 83: 21-25.
- Mahmoud, M.B. ,Alexandros, L. ,Rudolf, R. , Ulrike, K. and Alexander, S. 2000. Effect of pretreatment of rubber material on its biodegradability by various rubber degrading bacteria. FEMS Microbiol. Lett. 184: 199-206.
- Makkar, R.S., and Cameotra, S.S. 1998. Production of biosurfactant at mesophilic and thermophilic condition by a strain of *Bacillus subtilis*. J. Industrial Microbiology & Biotechnology. 20: 48-52.
- Marcia M. Rippel., Lay-Theng Lee., Carlos A.P. Leite. and Fernando Galembeck. 2003. Skim and cream natural rubber particles: colloidal properties, coalescence and film formation. J. Colloidal Interface Sci. 286: 330-340.
- Markuszewski, M.J. ,Otsuka, K. and Terabe, S. 2003. Analysis of carboxylic acid metabolites from the tricarboxylic acid cycle in *Bacillus subtilis* cell extract by capillary electrophoresis using an indirect photometric detection method. J. Chromatogr. A. 1-9.
- Ohya, N. , Tanaka, Y. , and Wititsuwannakul. 2000. Activity of rubber transferase and rubber particle size in Hevea latex. J. Rubb. Res. 3(4): 214-221.
- Panuwan C., Anchalee O., Khanungkan K., Ekachai C. and Saisamorn L. 2002. Characterization of protease of *Bacillus subtilis* strain 38 isolated from traditionally fermented soybean in Northern Thailand. J. Sci. Asia. 28: 241-245.



- Sainte Beuve, J., Sylla, S. and Laigneau, J. C. 2000. Effect of soluble non-rubber elements and preliminary processing on water-rubber balances. J. Rubb. Res.3 (1): 14-24.
- Sizue O. Rogero., Adermar B. Lugao., Fumio Yoshii., Keizo Makuuchi. 2003. Extractable proteins from irradiated field natural rubber latex. J. Radiat. Phys. and Chem. 67: 501-503.
- The International organization for standardization. D2007. 1981. Rubber-Unvulcanized Determination of Plasticity-Rapid Method.
- The International Organization for standardization. Latex, rubber, natural concentrate - determination of total solid content. ISO 124. 4<sup>th</sup> ed. 1995. Switzerland: International Organization for Standardization.
- The International Organization for standardization. Latex, rubber, natural concentrate - determination of alkalinity. ISO 125. 4<sup>th</sup> ed. 1995. Switzerland: International Organization for Standardization.
- The International Organization for standardization. Latex, rubber, natural concentrate - determination of dry rubber content. ISO 126. 4<sup>th</sup> ed. 1995. Switzerland: International Organization for Standardization.
- The International Organization for standardization. Latex, rubber, natural concentrate - determination of nitrogen content. ISO 1656. 3<sup>rd</sup> ed. 1995. Switzerland: International Organization for Standardization.
- Vanda S. Ferreira, Ione N.C. Rego, Floriano Pastore Jr. 2005. the use of smoke acid as an alternative coagulating agent for natural rubber sheets' production. J. Biores. Tech. 96:605-609.
- Wang San-Lang., Ing-Lung Shih., Chi-How Wang., Kuo-Choan Tseng., Wen-Teish Chang., Yawo-Kuo Twu., Jen-Jon Ro., Chuan-Lu Wang. 2002. Production of antifungal compounds from chitin by *Bacillus subtilis*. J. Enzyme Microb. Technol. 31: 321-328.
- Wester C. C., Baukwill W.J. 1989. Rubber. Longman Scientific & Technical. New York.
- Yip, E. and Cacioii, P. 2002. The manufacture of gloves from natural rubber latex. J. Allergy. Clin. Immunol. 110.





ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

## ข้อมูลการทดลอง

ตาราง ก1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญของแบคทีเรีย *Acetobacter aceti* TISTR102 และ *Bacillus subtilis* TISTR25

เวลา (ชั่วโมง)	OD 620 nm	OD 600 nm	น้ำหนัก เซลล์แห้ง (g/l)	ปริมาณกรด ทั้งหมด (g/l)	pH	
					<i>B. subtilis</i>	<i>A. aceti</i>
0	0	0	2.1	1.4	6.97	4.7
4	0.069	0.143	2.46	2.3	7.11	4.21
8	0.08	0.471	2.54	3.51	7.59	3.96
12	0.171	0.584	2.88	5.21	7.88	3.78
16	0.365	0.728	2.64	7.813	8.15	3.61
20	0.495	0.804	2.62	8.92	8.32	3.58
24	0.496	0.81	2.66	10.72	8.33	3.49
28	0.432	0.871	2.54	12.12	8.44	3.42
32	0.405	0.879	2.52	13.62	8.45	3.37
36	0.406	0.888	2.52	13.82	8.47	3.35
40	0.399	0.967	2.5	19.03	8.61	3.24
44	0.361	1.013	2.48	20.53	8.67	3.27
48	0.285	1.023	2.5	21.34	8.68	3.21
52	-	1.039	-	23.54	-	3.16
72	-	1.174	-	24.14	-	3.14

ตาราง ก2 ปริมาณกรดทั้งหมดในอาหารเหลว 4 สูตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดทั้งหมด (g/l)			
	FBVs	GEY	MED1	FBVn
0	0.9	2.5	1.3	2.5
24	13.85	2.95	1.29	4.75
48	15	14.25	21.35	25.95
72	28.15	28.9	25.95	10.55

ตาราง ก3 ปริมาณกรดทั้งหมดในอาหารที่มีน้ำยาง เป็นแหล่งคาร์บอน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณกรดทั้งหมด (g/l)		
	REY0.5	REY1.0	REY2.0
0	1.427	1.503	1.653
24	2.78	2.93	3.08
48	10.818	8.564	8.49
72	19.232	21.336	22.012

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก4 ปริมาณเนื้อยางแห้งจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและแบคทีเรียที่เวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	กรดแอสซิดิก	แบคทีเรีย
0	87.22	67.9
4	98.3	70.79
8	98.68	86.77
12	99.63	87.23
16	99.69	93.9
20	99.76	95.58
24	99.99	97.15

ตารางที่ ก5 ปริมาณเนื้อยางแห้งจากน้ำยางข้นจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและแบคทีเรียที่เวลาต่าง ๆ

เวลา (ชั่วโมง)	กรดแอสซิดิก	แบคทีเรีย
0	96.3	97.7
4	99.3	98.3
8	99.4	98.8
12	99.4	98.8
16	99.5	99
20	99.9	99.3
24	100	99.5

ตารางที่ ก6 ปริมาณสิ่งสกปรกในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและเบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	สิ่งสกปรก (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.011	0.017	0.01	0.013 ± 0.004
สารอาหาร MM	0.01	0.02	0.011	0.014 ± 0.006
สารอาหาร NB	0.003	0.009	0.002	0.005 ± 0.004

ตารางที่ ก7 ปริมาณสิ่งระเหยในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและเบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	สิ่งระเหย (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.34	0.38	0.55	0.42 ± 0.112
สารอาหาร MM	0.23	0.37	0.47	0.36 ± 0.121
สารอาหาร NB	0.19	0.37	0.22	0.26 ± 0.096

ตารางที่ ก8 ปริมาณเถ้าในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและเบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	เถ้า (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.06	0.11	0.13	0.1 ± 0.036
สารอาหาร MM	0.1	0.19	0.18	0.16 ± 0.049
สารอาหาร NB	0.08	0.1	0.07	0.08 ± 0.015

ตารางที่ ก9 ปริมาณไนโตรเจนในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อนโดยกรดแอสซิติคและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ไนโตรเจน (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	0.35	0.4	0.36	$0.37 \pm 0.026$
สารอาหาร MM	0.16	0.21	0.27	$0.21 \pm 0.055$
สารอาหาร NB	0.29	0.21	0.25	$0.25 \pm 0.04$

ตารางที่ ก10 ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อนโดยกรดแอสซิติคและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ความอ่อนตัวเริ่มแรก			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	55	47	64	$55 \pm 9$
สารอาหาร MM	72	62	67	$67 \pm 5$
สารอาหาร NB	45	58	64	$56 \pm 10$

ตารางที่ ก11 คำนีความอ่อนตัว (PRI) ในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อนโดยกรดแอสซิติคและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	คำนีความอ่อนตัว			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	7	14	33	$18 \pm 13$
สารอาหาร MM	40	26	55	$41 \pm 14$
สารอาหาร NB	6	27	23	$19 \pm 11$



ตารางที่ ก12 ความหนืดมูนิ ML (1+4) 100 องศาเซลเซียส ของยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอซิดิกและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ความหนืดมูนิ			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอซิดิก	66	70	75	70 ± 5
สารอาหาร MM	59	62	62	61 ± 2
สารอาหาร NB	80	87	90	86 ± 5

ตารางที่ ก13 ลี (Lovibond index) ในยางคิบจากน้ำยางสดจับก้อน โดยกรดแอซิดิกและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ลี			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอซิดิก	4	4	5	4 ± 0.6
สารอาหาร MM	5	7	6	6 ± 1
สารอาหาร NB	4	4	5	4 ± 0.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก14 ปริมาณสิ่งสกปรกในยางคิบจากน้ำยางชั้นจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและแบคทีเรียใน  
สารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	สิ่งสกปรก (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.022	0.022	0.02	0.021 ± 0.001
สารอาหาร MM	0.026	0.024	0.023	0.024 ± 0.002
สารอาหาร NB	0.007	0.011	0.008	0.009 ± 0.002

ตารางที่ ก15 ปริมาณเถ้าในยางคิบจากน้ำยางชั้นจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและแบคทีเรียใน  
สารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	เถ้า (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.06	0.05	0.04	0.05 ± 0.01
สารอาหาร MM	0.17	0.14	0.15	0.15 ± 0.015
สารอาหาร NB	0.06	0.06	0.05	0.06 ± 0.006

ตารางที่ ก16 ปริมาณไนโตรเจนในยางคิบจากน้ำยางชั้นจับก้อน โดยกรดแอสซิดิกและแบคทีเรียใน  
สารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ไนโตรเจน (%)			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิดิก	0.3	0.32	0.31	0.31 ± 0.01
สารอาหาร MM	0.42	0.42	0.4	0.41 ± 0.012
สารอาหาร NB	0.14	0.15	0.15	0.15 ± 0.006

ตารางที่ ก17 ความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ในยางดิบจากน้ำยางชั้นจับก้อนโดยกรดแอสซิติคและ  
แบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ความอ่อนตัวเริ่มแรก			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	38	49	52	46 ± 7
สารอาหาร MM	61	62	63	62 ± 1
สารอาหาร NB	42	49	54	48 ± 6

ตารางที่ ก18 ความหนืดมูนิ ML (1+4) 100 องศาเซลเซียส ในยางดิบจากน้ำยางชั้นจับก้อนโดยกรด  
แอสซิติคและแบคทีเรียในสารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ความหนืดมูนิ			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	64	72	74	70 ± 5
สารอาหาร MM	61	60	62	61 ± 1
สารอาหาร NB	90	87	93	90 ± 3

ตารางที่ ก19 ลี (Lovibond index) ในยางดิบจากน้ำยางชั้นจับก้อนโดยกรดแอสซิติคและแบคทีเรียใน  
สารอาหาร MM และ สารอาหาร NB

ตัวอย่าง	ลี			เฉลี่ย
	drc5	drc15	drc25	
กรดแอสซิติค	3	3	3	3 ± 0
สารอาหาร MM	5	5	5	5 ± 0
สารอาหาร NB	2	2	2	2 ± 0



## ภาคผนวก ข

### วิธีทดสอบสมบัติยาง

#### 1. การทดสอบสมบัติเบื้องต้นของน้ำยาง

##### 1.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง (total solid content ; tsc)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด เป็นการวัดส่วนที่เป็นไฮโดรคาร์บอนของยางและสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ยางซึ่งไม่ระเหย (non volatile, non rubber) โดยจะคงเหลือเป็นฟิล์มยางในการทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิที่กำหนด และในบรรยากาศเปิด โดยวัดเป็นน้ำหนักร้อยละของตัวอย่างน้ำยาง

##### วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบ 1 ตัวอย่างจะทำ 3 ซ้ำ
2. ชั่งน้ำหนักจานแก้วกลม (petri dish) ละเอียด 0.0001 กรัม จดบันทึกน้ำหนัก
3. เทน้ำยางซึ่งแบ่งใส่บีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร ประมาณ  $2.0 \pm 0.5$  กรัม จดบันทึกน้ำหนักจานแก้ว + น้ำยาง
4. ฉีดน้ำกลั่นประมาณ 10 หยดลงในน้ำยาง หมุนจานแก้วช้า ๆ ให้น้ำยางกระจายอย่างสม่ำเสมอ
5. นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง
6. ทำให้เย็นในโหลแก้วดูดความชื้น (desiccator)
7. ชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำที่ 70 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนัก

##### คำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด} = \frac{M1}{M0} \times 100$$

เมื่อ	M0	เป็น น้ำหนักของน้ำยาง (กรัม)
	M1	เป็น น้ำหนักของฟิล์มยางแห้ง (กรัม)

##### หมายเหตุ

ผลการทดสอบซ้ำของตัวอย่างน้ำยางเดียวกันจะต่างกันได้ไม่เกิน 0.2 หน่วย ถ้าเกินต้องทำซ้ำใหม่ทั้งหมด

## 1.2 การหาปริมาณเนื้อยางแห้ง ( dry rubber content; drc)

ปริมาณเนื้อยางแห้ง เป็นการเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของยางแห้งที่ได้จากการทำให้น้ำยางจับก้อน โดยกรดแอสติก ปริมาณเนื้อยางแห้งที่ได้จะมีสารที่ไม่ใช่ยางบางชนิดปะปนอยู่ด้วยระหว่างการทำให้จับก้อนด้วยกรด

สารเคมี

กรดแอสติก 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เตรียมโดยใช้ glacial acetic acid ความหนาแน่น 1.048- 1.051 กรัม/ มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดปริมาตร (volumetric flask) 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นก่อนประมาณ 50 มิลลิลิตร ปิดเปิดกรดแอสติก 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบทำ 3 ซ้ำ ใช้จานสแตนเลสกันเล็กขนาดเล็ก วางบนเครื่องชั่งละเอียด tare น้ำหนักงาน
2. เหน้ยาง  $5.0 \pm 0.5$  กรัม ลงบนจานสแตนเลส เติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรเจือจางน้ำยาง
3. ค่อย ๆ หยดกรดแอสติก 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากบิวเรตลงในน้ำยาง ค่อย ๆ หมุนจานสแตนเลสช้า ๆ ใช้แท่งแก้วคุดไปรอบน้ำยางกับกรดเพื่อให้น้ำยางจับก้อน หยดเติมกรดเมื่อน้ำยางจับก้อนหมด ใช้แท่งแก้วรวบรวมเศษยางที่จับก้อนเป็นแผ่นเดียวกัน
4. นำไปตั้งบนอ่างไอน้ำ (water bath) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 15-20 นาที จนกระทั่งซีรัม มีลักษณะใส
5. นำแผ่นยางไปล้างกรดออกด้วยน้ำที่ไหลจากก๊อก
6. ริดแผ่นยางให้บางโดยนำไปผ่านเครื่องริดยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง ที่มีที่ฉีคน้ำระหว่างที่แผ่นยางผ่าน ให้แผ่นยางหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร
7. นำแผ่นยางวางบนจานสแตนเลส อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง
8. ทำให้เย็นในโหลแก้วดูความชื้น ชั่งน้ำหนักแผ่นยาง จดบันทึกน้ำหนัก
9. นำแผ่นยางไปอบซ้ำที่ 70 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นและชั่งน้ำหนักซ้ำ จนกระทั่งน้ำหนักแผ่นยางแตกต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม

คำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง} = \frac{M1}{M0} \times 100$$

เมื่อ  $M0$  เป็นน้ำหนักของน้ำยาง (กรัม)

$M1$  เป็นน้ำหนักของแผ่นยางแห้ง (กรัม)

### 1.3 การหาปริมาณความเป็นด่าง (alkalinity; $\text{NH}_3$ )

ปริมาณความเป็นด่าง หมายถึง ความเป็นด่างอิสระของน้ำยาง ในน้ำยางที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียอย่างเดี่ยว ความเป็นด่างก็คือการหาจำนวนแอมโมเนียเป็นกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำในน้ำยาง เพราะแอมโมเนียเป็นสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางสดที่นิยมลงไปใต้น้ำยางก่อนที่จะนำเข้าขบวนการผลิตเพื่อคงสถานการณ์เป็นน้ำยางอยู่ได้

สารเคมี

- สารช่วยให้น้ำยางคงตัว (stabilizer) Terric16A16 เตรียมให้เป็นสารละลาย 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- กรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบ 1 ตัวอย่างจะทำ 3 ซ้ำ
2. เติมน้ำกลั่น 200 มล. ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มล.
3. เปิดสารช่วยให้น้ำยางคงตัว 10 มล. ลงในน้ำกลั่น ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน
4. แบ่งน้ำยางใส่บีกเกอร์ 50 มล. ปิดฝาด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
5. เติมน้ำยางประมาณ 5 กรัม ลงในบีกเกอร์ ที่มีน้ำกลั่นและสารช่วยให้น้ำยางคงตัว ปิด

ด้วยกระจกนาฬิกา

6. ชั่งน้ำหนักน้ำยางที่เหลือในบีกเกอร์
7. นำน้ำยางผสมน้ำและสารช่วยให้น้ำยางคงตัว ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล

ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันก่อนแล้วหยดเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ตอนแรกสีของเมธิลเรดจะเป็นสีเหลืองเมื่อหยดถูกน้ำยาง

8. ค่อย ๆ ปล่อยกรดลงมาช้า ๆ และใช้แท่งแก้วคนให้กรดและน้ำยางให้เข้ากัน เมื่อถึงจุดยุติ สีของเมธิลเรดที่หยดถูกน้ำยางจะมีสีน้ำตาลอมส้มและสีของน้ำยางจะเป็นสีชมพูอ่อน
9. บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้

คำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเป็นด่าง } (\% \text{NH}_3) = \frac{1.7 \times N \times V}{M}$$

เมื่อ	N	เป็นความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มัล)
	V	เป็นปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรต (มล.)
	M	เป็นน้ำหนักของตัวอย่างน้ำยาง (กรัม)



## 2. การทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของยางดิบแห้ง

### 2.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัวอย่างดิบที่เก็บมาจากยางแท่งที่ผลิตแต่ละครั้ง ก่อนทำการทดสอบต้องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยนำมาบดด้วยเครื่องบดยาง 2 ลูกกลิ้ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว ลูกกลิ้งตัวหลังหมุนด้วยความเร็วเท่ากับ 31 รอบต่อนาที และอัตราส่วนความเร็วของลูกกลิ้งหลังต่อลูกกลิ้งหน้าเท่ากับ 1.46 : 1 อุณหภูมิของลูกกลิ้งเย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง (มีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา) ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง (nip) ต้องปรับให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่ทดสอบด้วย คือ

0.065 นิ้ว (1.65 มิลลิเมตร) สำหรับผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

0.020 นิ้ว (0.51 มิลลิเมตร) สำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบปริมาณสิ่งระเหย

0.013 นิ้ว (0.33 มิลลิเมตร) สำหรับการเตรียมชิ้นทดสอบปริมาณสิ่งสกปรก

เครื่องบดยางก่อนใช้ต้องสะอาดเสมอ นำยางมาบดผ่านลูกกลิ้ง 6 ครั้ง แต่ละครั้งที่ยางผ่านลูกกลิ้งออกมา ให้ม้วนเป็นรูปทรงกระบอก ใส่ปลายข้างหนึ่งเข้าเครื่องเพื่อบดครั้งต่อไป สำหรับการบดครั้งที่ 6 ให้รีดยางออกมาเป็นแผ่น (ไม่ต้องม้วน) ในระหว่างบดยางครั้งที่ 1-5 หากมีเศษยางตกลงบนภาชนะรองรับในลูกกลิ้งให้นำมารวมกับยางที่จะบดในครั้งถัดไปให้หมด ตัดยางที่บดเรียบร้อยแล้วเป็นส่วน ๆ เพื่อทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ โดยมีน้ำหนักดังแสดงในตาราง

ตารางที่ ข1 น้ำหนักยางเพื่อทดสอบสมบัติยางแท่ง

สมบัติที่ทดสอบ	น้ำหนักชิ้นทดสอบ (g)
ปริมาณสิ่งสกปรก	15
ปริมาณเถ้า	10
ปริมาณไนโตรเจน	10
ปริมาณสิ่งระเหย	15
ดัชนีความอ่อนตัว และ สี	25
ความหนืด	25

## 2.2 การทดสอบ

### 2.2.1 สิ่งสกปรก (dirt content)

สิ่งสกปรก หมายถึง ปริมาณสารที่ได้จากการกรองด้วยตะแกรงขนาด 325 เมช หรือ 44 ไมครอน สารที่กรองได้ประกอบด้วยเศษดิน เปลือกไม้ และใบไม้ เป็นต้น โดยปริมาณและชนิดของสิ่งสกปรกที่มีในน้ำยาง มีความสำคัญต่อการแปรรูป และคุณภาพของน้ำยางเป็นอย่างมาก

เครื่องมือและสารเคมี

- ขวดรูปชมพู่
- เทอร์โมมิเตอร์ ขนาด 200 องศาเซลเซียส
- ถ้วยกรองทำด้วยสแตนเลสทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร หนา 2-3

มิลลิเมตร สูง 13 มิลลิเมตร มีตะแกรงขนาด 325 เมช หรือ 44 ไมครอน น้ำหนักของถ้วยกรองรวมแผ่นตะแกรงประมาณ 15 กรัม

- เต้าไฟฟ้า ขนาด 1500 วัตต์
- เครื่องชั่งละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- เตาอบ
- เครื่องทำความสะอาดถ้วยกรอง (ultrasonic cleaning kit)
- กระดาษกรองเบอร์ 1 และกรวยพลาสติก

สารเคมี

- น้ำมันสน (Turpentine)
- Peptising Agent: RPA 3 (Xylyl mercaptan)

วิธีทดสอบ

1. นำตัวอย่างยางที่บดผสมไว้แล้ว ประมาณ 15 กรัม มาผ่านลูกกลิ้งหนา 0.013 นิ้ว จำนวน 2 ครั้ง แบ่งยางมา 10 กรัม (ชั่งละเอียดถึงทศนิยม 3 ตำแหน่ง) ตัดเป็นชิ้นเล็ก ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิตร มีน้ำมันสน 250 มิลลิตร และสารเร่งการละลายอยู่ 1 มิลลิตร

2. ละลายยางโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 140 องศาเซลเซียส (ให้ยกขวดละลายยางแกว่งบ่อย ๆ เพื่อให้สารละลายภายในหมุนเวียนและละลายเร็วขึ้น) ใช้เวลาละลายยางประมาณ 1-2 ชั่วโมง

3. กรองสารละลายยางขณะร้อนโดยเทสารละลายผ่านที่กรองที่สะอาดทราบน้ำหนักที่แน่นอน ขณะเทให้ผงในขวดละลายยางหมด ให้ใช้น้ำมันสนที่ร้อน 30 - 50 มิลลิตร ตักขวดละลายยาง 2 ครั้ง แล้วตะแคงขวด ฉีดด้วยน้ำมันเย็นเพื่อล้างผงออกให้หมด แล้วจึงใช้น้ำมันร้อนล้างรอบ ๆ และภายในที่กรองอีกครั้ง

4. อบผงให้แห้งที่ 90-100 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ ประมาณ 30 นาที แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียดความถูกต้อง 0.1 มิลลิกรัม

คำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์สิ่งสกปรก} = \frac{\text{น้ำหนักผงสกปรก} \times 100}{\text{น้ำหนักขึ้นทดสอบ}}$$

### 2.2.2 ปริมาณสิ่งระเหย (volatile matter content; VM)

สิ่งระเหยในยาง หมายถึง ความชื้นที่มีอยู่ในยาง ถ้าปริมาณความชื้นในยางสูงยางจะขึ้นราได้ง่าย มีกลิ่นเหม็น และเกิดปัญหาระหว่างกระบวนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์

ในกรรมวิธีการผลิตยางแท่งมีการรีด ตัดและล้างทำความสะอาดยางหลายขั้นตอน ยางจะถูกตัดเป็นชิ้นเล็ก เพื่ออบให้แห้ง แล้วบรรจุหีบห่อ ดังนั้น ปริมาณสิ่งระเหยในยางแท่งจะมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณสิ่งระเหยในยางดิบทั่วไป

เครื่องทดสอบ

- เครื่องชั่งชนิดละเอียด 0.001 กรัม
- ถูงโพทิลีน (กว้าง 4 นิ้ว ยาว 8 นิ้วหนา 0.06 มิลลิเมตร)
- ถาดอะลูมิเนียม (กว้าง 6.5 นิ้ว ยาว 14 นิ้ว สูง 1.5 นิ้ว)
- ที่หนีบถูง
- เตาอบ
- เดสซิเคเตอร์

วิธีทดสอบ

1. ชั่งยางที่เตรียมไว้ น้ำหนักแน่นอน  $10 \pm 0.001$  กรัม
2. บดยางด้วยลูกกลิ้ง (ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง = 0.51 มม.)
3. วางตัวอย่างยางขึ้นทดสอบบนถาดอะลูมิเนียม (วางถาดซ้อนกันได้ไม่เกิน 7 ถาด)
4. อบยางที่อุณหภูมิ  $100 \pm 3$  องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง
5. เอายางออกจากเตาที่ละถาด พร้อมกับปิดประตูเตาอบทุกครั้งที่ยกถาดออก นำยางใส่ถูงโพทิลีน พับปากถูง 3 ครั้ง พับกลางอีกครั้ง แล้วหนีบแขวนไว้บนราว (การใส่ยางในถูงควรใช้เวลาทั้งหมดไม่เกิน 1-2 นาที) ในแต่ละถาด
6. ปลอ่ยยางในถูงให้เย็น โดยวางในเดสซิเคเตอร์ประมาณ 30 นาที
7. นำยางไปชั่งอย่างละเอียด 0.001 กรัม

การคำนวณ



$$\text{เปอร์เซ็นต์สิ่งระเหย} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

เมื่อ	A	เป็นน้ำหนักตัวอย่างข้างก่อนอบ (กรัม)
	B	เป็นน้ำหนักตัวอย่างข้างหลังอบ (กรัม)

### 2.2.3 ปริมาณเถ้า (ash content)

เถ้า เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในยาง เป็นสารพวกเกลืออนินทรีย์ (inorganics salt) พวกฟอสเฟตของ โปแตสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมและธาตุอื่น ๆ นอกจากนี้อาจเป็นสารพวก ซิลิกา หรือซิลิเกตในยาง รวมทั้งเป็นสารที่เกิดจากการปะปนจากภายนอก

เครื่องมือทดสอบ

- ครูซิเบิ้ล ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เตาอบความร้อนสูง
- กระจกกรองชนิดไม่มีเถ้า
- เครื่องชั่งชนิดละเอียด
- เคสซิเคเตอร์

วิธีทดสอบ

1. ตัดยางที่บดผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว 5-10 มิลลิกรัม (ละเอียด 0.1 มิลลิกรัม)
2. ห่อขึ้นยางด้วยกระจกกรอง ใส่ในครูซิเบิ้ล ที่รู้น้ำหนักแล้ว (ก่อนใช้ต้องเผาในเตาให้ร้อนแดง) ทำให้เย็น ในเคสซิเคเตอร์ แล้วชั่งละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
3. นำด้วยครูซิเบิ้ลที่ใส่ยางไปเผาในเตา ที่อุณหภูมิอยู่ระหว่าง  $530 \pm 20$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง ต่อจากนั้นด้วยครูซิเบิ้ลทำให้เย็นในเคสซิเคเตอร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{A - B - C}{D} \times 100$$

เมื่อ	A	เป็นน้ำหนักเถ้า+ด้วยครูซิเบิ้ล
	B	เป็นน้ำหนักด้วยครูซิเบิ้ล
	C	เป็นน้ำหนักเถ้ากระจกกรอง
	D	เป็นน้ำหนักข้างก่อนทดสอบ



### 2.2.4 ไนโตรเจน (nitrogen content)

ไนโตรเจนในยางคิบจะอยู่ในรูปของโปรตีน ดังนั้น ปริมาณไนโตรเจน จึงเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของโปรตีนในยาง ปริมาณของไนโตรเจนขึ้นกับชนิดของโปรตีนด้วย สูตรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาปริมาณโปรตีนจากไนโตรเจน คือ

$$\text{ปริมาณโปรตีน} = 6.25 \times \text{ปริมาณของไนโตรเจน}$$

ปริมาณของโปรตีนที่คำนวณนี้ไม่ได้เป็นตัวเลขที่เจาะจงแน่นอนถึงปริมาณของโปรตีนในยางตัวอย่าง เช่น ในยางสกิมซึ่งได้จากการปั่นด้วยความเร็วสูงเพื่อแยกน้ำยางชั้นออก จะพบว่าปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าน้ำยางปกติ

หลักการหาปริมาณโปรตีนจากไนโตรเจน ด้วยวิธี semi-micro Kjeldahl คือนำยางคิบที่ทราบน้ำหนักมาออกซิไดซ์ ในกรดกำมะถันและสารเร่งปฏิกิริยาโดยใช้ความร้อน ไนโตรเจนในยางจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมไฮโดรเจนซัลเฟต ปรับสารละลายให้เป็นด่าง นำไปกลั่นจะได้ก๊าซแอมโมเนีย จับก๊าซนี้ด้วยกรดบอริก แล้วนำไปไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันเพื่อคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป

เครื่องมือและสารเคมี

- Micro-Kjeldahl digestion and distillation

- บิวเรตและปิเปต

- เครื่องชั่งชนิดละเอียด

- เตาไฟฟ้าขนาด 1500 วัตต์

สารเคมี

- กรดกำมะถันเข้มข้น

- สารละลายมาตรฐานกรดกำมะถันเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

- สารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

- สารละลายกรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 67 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร

- สารเร่งปฏิกิริยา

(ประกอบด้วย  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  2 ส่วน  $\text{K}_2\text{SO}_4$  15 ส่วน Se 1 ส่วน)

- สารละลายเมทิลเรด 0.15 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร

(ประกอบด้วย Methyl red = 0.1 กรัม + Methyl blue = 0.05 กรัม + Ethanol = 100

มิลลิลิตร

- สารละลายเมทิลออเรนจ์ 0.1 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร

### วิธีทดสอบ

1. ชั่งย้งน้ำหนักแน่นอน 0.1 กรัม ใส่ใน Micro Kjeldahl flask เติมส่วนผสมสารเร่งปฏิกิริยา 0.65 กรัม กรดกำมะถัน 2.5 มิลลิลิตร
2. ให้ความร้อนจนกระทั่งกลายเป็นสารละลายใสสีเขียว หรือไม่มีสี ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และต้องไม่มีสีเหลืองอ่อน ๆ ปนหรือเหลืออยู่
3. ตั้งทิ้งให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร
4. เทสารละลาย ใส่ในเครื่องกลั่นซึ่งเตรียมผ่านไอน้ำให้ร้อนไว้แล้ว 30 นาที ล้างภาชนะด้วยน้ำกลั่น 2-3 มิลลิลิตร ประมาณ 2-3 ครั้ง
5. นำขวดแก้วรูปชมพู่ บรรจุกรดบอริก 10 มิลลิลิตร และสารละลายเมธิลเรด 2-3 หยด มารับสารที่กลั่นได้ (ให้ปลายหลอดแก้วจุ่มลงในสารละลาย)
6. เติมสารละลาย NaOH 67 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตรลงในเครื่องกลั่น แล้วล้างด้วยน้ำไม่เกิน 5 มิลลิลิตร
7. ปลอ่ยให้ไอน้ำเข้าเครื่องกลั่นสารเป็นเวลา 5 นาที
8. เลื่อนขวดแก้วชมพู่ที่รองรับสารที่กลั่น ให้ปลายหลอดอยู่เหนือสารละลาย กลั่นต่อไป 1 นาที แล้วใช้น้ำกลั่นฉีด ล้างปลายหลอดแก้ว
9. นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรตกับสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนได้จุดยุติ ที่สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
10. ทำ blank ตามวิธีทดสอบเดิมทุกอย่าง แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

### การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(V_1 - V_2) N \times 0.0140}{W} \times 100$$

เมื่อ	V <sub>1</sub>	เป็นปริมาตรของกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการไตเตรตสิ่งทีกลั่น (มิลลิลิตร)
	V <sub>2</sub>	เป็นปริมาตรของกรดกำมะถันที่ใช้ในการไตเตรต blank (มิลลิลิตร)
	N	เป็นความเข้มข้นของกรดกำมะถัน (นอร์มัล)
	W	เป็นน้ำหนักของสารตัวอย่าง(กรัม)

### 2.2.5 ความอ่อนตัวเริ่มแรกและดัชนีความอ่อนตัวของยาง

#### (original wallce plasticity; $P_0$ and plasticity retention index; PRI)

ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกหรือค่าพลาสติกซิตีของยาง ( $P_0$ ) เป็นค่าที่ใช้ประมาณขนาดโมเลกุลของยาง ยางที่มีค่า  $P_0$  สูงแสดงว่ามีขนาดโมเลกุลของยางสูง (ยางที่ถูกออกซิไดซ์มากจะนิ่มมีค่า  $P_0$  ต่ำ) ส่วนค่าดัชนีความอ่อนตัว (PRI) ของยางสูง แสดงถึงยางที่ทดสอบนั้นมีความต้านทานต่อการออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ยางที่ทนต่อการถูกออกซิเดชันสูง โมเลกุลของยางจะทนต่อการถูกออกซิไดซ์) หรือเป็นการแสดงความต้านทานของยางดิบ ต่อการแตกหักของโมเลกุลยางที่อุณหภูมิสูง

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

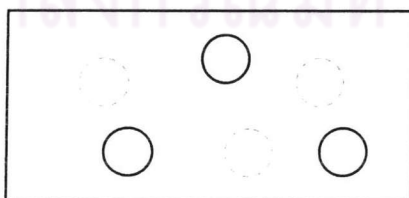
- wallace rapid plastimeter
- wallace steam generator
- wallace punch

- เตาอบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่  $140 \pm 0.5$  องศาเซลเซียส ตลอดเวลา เมื่อเปิดฝาดูแล้ว อุณหภูมิต้องกลับไปอยู่ระดับเดิมภายในเวลา 6 นาที

วิธีทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบ

1. ตัดยางตัวอย่างที่บดเป็นเนื้อเดียวกันมา  $20 \pm 5$  กรัม
2. รีดยางผ่านเครื่องบด 2 ครั้งที่อุณหภูมิห้อง โดยปรับช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งเท่ากับ 1.65 มิลลิเมตร
3. พับแผ่นยางเป็น 2 ทบ โดยกดเบา ๆ ให้ได้ความหนา 3.2–3.6 มิลลิเมตร
4. ตัดชิ้นทดสอบยางเป็น 6 ชิ้นด้วยเครื่องตัดโดยเฉพาะ
5. เก็บชิ้นทดสอบ 3 ชิ้น เพื่อทดสอบหาค่าพลาสติกซิตี ( $P_0$ ) และชิ้นทดสอบที่เหลืออีก 3 ชิ้นเพื่อนำมาทดสอบค่า ( $P_{30}$ )



เมื่อ



เป็นชิ้นยางเพื่อทดสอบค่าพลาสติกซิตีเริ่มแรก ( $P_0$ )



เป็นชิ้นยางเพื่อทดสอบค่าดัชนีความอ่อนตัว ( $P_{30}$ )



6. นำยางชั้นทดสอบมาอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที (อุณหภูมิต้องคงที่ ก่อนใส่ยางในเตาอบ เป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที และเริ่มจับเวลาหลังจากที่ใส่ยางแล้ว 6 นาที เพื่อให้อุณหภูมิของยางและเตาอบคงที่ด้วย)

7. เมื่อครบเวลา 30 นาทีแล้ว ทิ้งยางให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที จึงทำการทดสอบ

8. นำชั้นยางปิดด้วยกระดาษมวนบุหรี่ ใส่เครื่องทดสอบ

9. ยกแขนปิดเครื่อง โดย

15 วินาทีแรก: แท่งโลหะกลมบน-ล่าง จะกดยางให้หนา 1 มิลลิเมตร และอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้น 15 วินาทีหลัง เครื่องจะกดยางด้วยแรง  $10 \pm 0.1$  กิโลกรัมโดยอัตโนมัติ

10. อ่านค่าความหนาของชั้นยางที่วัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เป็นค่า พลาสติกซิตี หรือค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (Po) ของยางที่ทำการทดสอบ

การคำนวณ

$$PRI = \frac{\text{Aged median plasticity value}}{\text{Unaged median plasticity value}} \times 100$$

$$= \frac{P30}{P0} \times 100$$

เมื่อ Po เป็นค่ามัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดเริ่มแรก

P30 เป็นค่ามัธยฐานความอ่อนตัวของยางชุดหลังอบ

## 2.2.6 สียาง (color)

ยางแท่งที่ผลิตจากน้ำยางมีการจัดเกรดซึ่งระบุในการจัดมาตรฐานชั้นยาง โดยการเปรียบเทียบความเข้มของสียางด้วยสีของโลวิบอนด์ (Lovibond) มาตรฐาน เช่น ความเข้มของสียางต่ำกว่าสีของโลวิบอนด์ เบอร์ 6 แสดงว่าเป็นยางแท่งเกรด STR5L หากความเข้มของสียางมีค่ามากกว่าสีมาตรฐาน โลวิบอนด์เบอร์ 6 แสดงว่ายางที่ผลิตได้จัดเป็นยางแท่งเกรด STR 5 เป็นต้น ส่วนยางแท่งที่ผลิตจากยางก้อนจับตัวไม่จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพสียาง

เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

เครื่องมือทดสอบประกอบด้วย ตัวอย่างชั้นทดสอบที่จะใช้เปรียบเทียบสีติดอยู่ในเบ้าพิมพ์ แถบสีมาตรฐานโลวิบอนด์ และแผ่นพลาสติกซึ่งทำเป็นกล่องสำหรับวางเบ้าพิมพ์ และแผ่นเทียบสีมาตรฐาน



### การเตรียมชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบสำหรับเปรียบเทียบมาตรฐาน โลวิบอนด์ เตรียมโดยนำยางแผ่นดิบความหนาตามมาตรฐาน (ประมาณ 3.2-3.6 มิลลิเมตร) มาทำเครื่องและตัดขางด้วยกรรไกรให้ได้ขนาด แล้วนำมาอัดด้วยเบ้าชิ้นทดสอบมาตรฐาน ความร้อนที่ใช้อัดเข้าพิมพ์ประมาณ 70 องศาเซลเซียส ความดันประมาณ 0.5 –1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัดขางเป็นเวลาประมาณ 2-3 นาที

### วิธีทดสอบ

แกะแผ่นอัดชิ้นทดสอบมาตรฐานออกแล้วนำยางชิ้นทดสอบที่อัดติดอยู่ที่เบ้าสแตนเลส มาวางตรงตำแหน่งเครื่องสำหรับเปรียบเทียบสีมาตรฐาน โลวิบอนด์ อ่านค่าเบอร์สีมาตรฐาน โลวิบอนด์ที่เปรียบเทียบ ตรงตำแหน่งช่องเล็ก ๆ ทางขวามือของเครื่องที่กำหนดให้

### 2.2.7 ความหนืดมูนี (mooney viscometer)

ความหนืดเป็นสมบัติทางกายภาพของยาง โดยความหนืดของยางจะสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลของยาง ยางที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีค่าความหนืดสูงด้วย

### เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบความหนืดของยางแห่ง มีชื่อเรียกว่ามูนีวิสโคมิเตอร์ (mooney viscometer ) เป็นเครื่องมือตามมาตรฐานสากล ASTM D1646-94 และ ISO 289-1963 ใช้วัดค่าความหนืดของยางดิบทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์

ชิ้นยางทดสอบจะใส่อยู่ระหว่างจานโลหะในห้องใส่ยาง อัดขางด้วยแรงกดเท่ากับ  $11,500 \pm 500$  นิวตัน จานโลหะจะหมุนเพื่อเนียนยางซึ่งอยู่ในห้องใส่ยางด้วยความเร็วคงที่ 2 รอบต่อนาที แรงบิด (torque) ที่เนียนยางกับจานโลหะจะแสดงค่าความหนืดของยาง

ตามมาตรฐานเครื่องทดสอบ กำหนดให้แรงบิดที่ใช้ขนาด  $8.3 \pm 0.2$  นิวตันเมตร มีค่าความหนืดเทียบเท่ากับ 100 หน่วยมูนี (MV scale)

### วิธีทดสอบ

1. ตั้งอุณหภูมิของเครื่องทดสอบให้คงที่เท่ากับ 100 องศาเซลเซียสพร้อมกับอุ่นจานหมุนโลหะที่จะใช้สำหรับทดสอบ
2. เตรียมยางชิ้นทดสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร หนา 6 มิลลิเมตร
3. ใส่ยางทดสอบระหว่างจานหมุนโลหะ แล้ววางตรงตำแหน่งของห้องทดสอบ
4. ใช้ความดันลมอัดขางชิ้นทดสอบ อุ่นขางเป็นเวลา 1 นาที
5. อ่านค่าความหนืดของยางที่เวลาเดินเครื่อง 4 นาที

การบันทึกค่าความหนืดของยาง มีดังนี้

ความหนืด = 50 ML (1+4) 100°C

เมื่อ 50 M เป็น ค่าความหนืด (mooney viscosity) ของยางที่อ่านได้  
 L เป็นจานหมุนโลหะขนาดใหญ่  
 1 เป็นเวลาเป็นนาทีที่ใช้อุ่นยาง  
 4 เป็นเวลาเป็นนาทีที่ใช้ทดสอบและอ่านค่าความหนืด  
 100 °C เป็นอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ

หมายเหตุ

การวัดค่าความหนืดของยาง จำเป็นต้องมีการตรวจทานมาตรวัด (calibration) ให้ถูกต้องก่อนเสมอ

### 3. การทดสอบสมบัติของยางคงรูป

#### 3.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

##### 3.1.1 การบดยางให้ نرم (mastication)

การบดยางให้ نرمคือ การทำให้ยางซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เกิดการฉีกขาดของสายโมเลกุล ทำให้มีน้ำหนักโมเลกุลเล็กลง การบดยางให้ نرم เป็นวิธีการสำคัญที่ทำให้สารเคมีต่าง ๆ กระจายเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อผสมกับยาง

##### 3.1.2 การบดยางผสมสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องบดสองลูกกลิ้ง (two roll mill) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว ลูกกลิ้งทั้งสองหมุนด้วยความเร็วในอัตราส่วน 1:1-1:1.5 (ลูกกลิ้งตัวหน้า: ลูกกลิ้งตัวหลัง) และลูกกลิ้งตัวหลังหมุนด้วยความเร็ว 31 รอบต่อนาที

- เครื่องมือทดสอบเวลาและลักษณะการคงรูป (rheometer)

- มีด (roll knife)

สารเคมี

- ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide)

- กำมะถัน (Sulphur)

- กรดสเตียริก (Stearic acid)
- เอ็มบีที (2-mercaptobenzothiazole, MBT)
- ทีบีบีเอส (N-tert-butyl-2-benzthiazylsulphenamide, TBBS)

#### วิธีบดยางผสมสารเคมี

1. ตรวจสอบอุณหภูมิลูกกลิ้งให้ได้  $70 \pm 5$  องศาเซลเซียส
2. ตั้งระยะห่างลูกกลิ้ง 0.50 มิลลิเมตร นำยางเข้าบด โดยไม่ให้พันลูกกลิ้ง 2 ครั้ง
3. ตั้งระยะห่างลูกกลิ้ง 1.40 มม. นำยางเข้าบด ให้พันลูกกลิ้งหน้า เมื่อยางถูกบดให้ نرم และเริ่มเรียบ ให้ปรับระยะห่างลูกกลิ้งเป็น 1.90 เมตร
4. เติมกรดสเตียริก
5. เติมซิงค์ออกไซด์ กำมะถันและเอ็มบีที
6. ตัดยางระยะ  $\frac{3}{4}$  ของยางจากแต่ละด้าน โดยสลับด้านซ้ายและด้านขวา ด้านละ 3 ครั้ง
7. ตัดยางผสมสารเคมีออกจากลูกกลิ้ง ตั้งระยะห่าง ระหว่างลูกกลิ้ง 0.80 มม. นำยางผ่านลูกกลิ้งอีก 6 ครั้งยางที่ผ่านลูกกลิ้งออกมาแต่ละครั้งม้วนเป็นรูปทรงกระบอกใส่ปลายข้างหนึ่งเข้าเครื่องในการบดครั้งต่อ ๆ ไป ริดยางออกมาเป็นแผ่นให้มีความหนาไม่น้อยกว่า 6 มม.
8. ชั่งและบันทึกน้ำหนักยางผสมสารเคมีหลังการบด หากแตกต่างจากน้ำหนักที่คำนวณจากสูตรมากกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ให้บดยางผสมสารเคมีชุดใหม่

#### การเก็บยางผสมสารเคมี

ควรเก็บค้างคืนและไม่เกิน 24 ชั่วโมง โดยเก็บในที่มืดแห้ง และที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิ  $20 \pm 2$  องศาเซลเซียส การเก็บยางผสมสารเคมีไว้เป็นเวลานาน อาจเกิดการบลูม (bloom) ของสารเคมีได้ โดยสังเกตจากราบบนผิวของยาง หากเกิดขึ้นต้องเตรียมใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข2 สูตรยางผสมสารเคมี ACS#1

ยางและสารเคมี	ปริมาณ (ส่วนโดยน้ำหนัก)
ยางธรรมชาติ	100
ซิงค์ออกไซด์	6.00
กำมะถัน	3.50
กรดสเตียริก	0.50
เอ็มบีที	0.50

โดย

ซิงค์ออกไซด์ และกรดสเตียริก เป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาของรูป  
 กำมะถัน เป็นตัวเชื่อมโมเลกุลของยางเป็นลักษณะ 3 มิติ  
 เอ็มบีที เป็นสารเร่งปฏิกิริยา

### 3.1.3 การทดสอบการคงรูปด้วยเครื่องทดสอบเวลาและลักษณะการคงรูป

นำยางผสมสารเคมีใส่ในช่องใส่ยางซึ่งภายในมีโรเตอร์แกว่งทำมุม 1- 5 องศา ตั้งอุณหภูมิช่องใส่ยางตามที่ต้องการ เช่น 140, 150 หรือ 160 องศาเซลเซียส แรงต้านที่ยางกระทำกับการหมุนของจานโลหะจะถูกวัดเป็นค่าแรง (torque) ขณะที่ยางได้รับความร้อน จะเกิดการคงรูปขึ้น ยางจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นทำให้ค่าแรงที่อ่านได้สูงขึ้น ยางจะเกิดการคงรูปเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ให้ความร้อน จนกระทั่งเกิดการคงรูปสมบูรณ์ จะสังเกตเห็นว่าค่าแรงที่เกิดขึ้นถึงจุดสูงสุด และเริ่มมีค่าคงที่

ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่แสดงในกราฟมีดังนี้

ML เป็นค่าแรงต่ำสุด (minimum torque) หน่วยเป็น lbf-in

MHF เป็นค่าแรงสูงสุด (maximum torque) ของ plateau curve หน่วย lbf-in

MHR เป็นค่าแรงสูงสุด (maximum torque) ของ reverting curve หน่วย lbf-in

MH เป็นค่าแรง ณ เวลาที่กำหนด หน่วยเป็น lbf-in

$t'_{s1}$  เป็นเวลาที่ค่าแรงสูงขึ้นจากค่าแรงต่ำสุด 1 หน่วย โดยกำหนดโรเตอร์

แกว่งทำมุม 1 องศา หน่วย นาที



$t'_{s2}$  เป็นเวลาที่ค่าแรงสูงขึ้นจากค่าแรงต่ำสุด 2 หน่วย โดยกำหนดโรเตอร์  
แกว่งทำมุม 3 องศา หน่วย นาที

$t'_{s1}$  และ  $t'_{s2}$  เรียกว่า เวลาขางเริ่มคงรูป (inductive time หรือ scorch time) นิยมเขียน  
ย่อเป็น  $t'_s$

$t'_{50}$  เป็นเวลาที่ค่าแรงเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของค่าแรงสูงสุด หน่วย นาที

$t'_{90}$  เป็นเวลาที่ค่าแรงเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าแรงสูงสุด หน่วย นาที นิยม  
เรียกค่านี้อ่า เวลาขางคงรูป (cure time หรือ optimum cure time)

การคำนวณ

$$\text{ค่าแรงที่ } t'_{50} = ML + 0.5 (MH - ML)$$

$$\text{ค่าแรงที่ } t'_{90} = ML + 0.9 (MH - ML)$$

### 3.2 วิธีกรทดสอบขางคงรูป

1. ใช้เครื่องอัดขางให้คงรูป (Hydraulic press) ใช้แม่พิมพ์ที่ 160 องศาเซลเซียส  
10 นาที

2. ตัดแผ่นขางขึ้นรูปให้เป็นรูปคัมเบลล์ 5 ตัวอย่าง

3. วัดความหนาสามจุดบริเวณจุดกึ่งกลางรูปคัมเบลล์ และที่ระยะห่างจากซ้ายและขวา  
1.25 เซนติเมตร จากจุดกึ่งกลางโดยไมโครมิเตอร์ ปลายของชิ้นทดสอบถูกจับโดยที่จับของ  
เครื่องทดสอบ ตัวอย่างถูกดึงด้วยอัตราเร็ว  $500 \pm 50$  มิลลิเมตรต่อนาที จนขึ้นขางขาด ค่า  
ความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และความยืดเมื่อขาด (elongation at break) ถูก  
บันทึกโดยเครื่อง

## ภาคผนวก ก

## สมบัติของน้ำยางธรรมชาติและการคำนวณทางสถิติ

น้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ใช้ในการทดลอง สั่งซื้อจาก บริษัท ไทยรับเบอร์ แอนคัลแท็กซ์ จำกัด มีสมบัติตามใบรับรองคุณภาพ (certificate of analysis) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ ก1 สมบัติของน้ำยางธรรมชาติชั้นปริมาณแอมโมเนียต่ำ

สมบัติ	ผลการทดสอบ
Total Solid Content, %	61.78
Dry Rubber Content, %	60.09
Non Rubber Solid, %	1.69
Ammonia Content (on Total Weight), %	0.27
Ammonia Content (on Water Phase), %	0.71
pH Value	10.19
KOH Number	0.7443
Volatile Fatty Acid Number (V.F.A)	0.0462
Mechanical Stability Time (55% TS)	960
Specific Gravity at 25 °C	0.946
Magnesium Content (on solids), ppm	33
Chemical stability Test (CST), ml	2.0
Coagulation content, (80 mesh), ppm	18
Viscosity (55% TS, spindle no.1, 60 rpm), cps	97.9

ตารางที่ ค2 ปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสดรักษาสภาพด้วยแอมโมเนีย

น้ำยางสด สั่งซื้อจาก จังหวัดระยอง ไม่ได้ระบุสมบัติจึงทดสอบสมบัติเบื้องต้น 2 สมบัติ ได้แก่ ปริมาณเนื้อยางแห้ง (drc) และปริมาณความเป็นด่างในรูปของแอมโมเนีย (%NH<sub>3</sub>)

น้ำยาง (g)	ยางแห้ง (g)			เฉลี่ย (g)	ยางแห้ง เฉลี่ย (g)	น้ำยาง เฉลี่ย (g)	%drc
	1	2	3				
5.0440	2.1285	2.1284	2.1276	2.1282	2.071	5.052	41
5.0450	2.0409	2.0407	2.0400	2.0405			
5.0662	2.0454	2.0454	2.0444	2.0451			

ตารางที่ ค3 ปริมาณแอมโมเนียของน้ำยางสด

น้ำยาง (g)	0.1 N HCl (ml)	%NH <sub>3</sub>	%NH <sub>3</sub> เฉลี่ย
4.993	8.1	0.276	0.266
4.913	7.5	0.26	
5.328	8.2	0.262	

ตารางที่ ค4 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางสดที่ปริมาณเนื้อยางแห้งต่าง ๆ

ตัวอย่าง	%NH <sub>3</sub>
น้ำยางสด drc 41	0.266
น้ำยางสด drc 30	0.120
น้ำยางสด drc 10	0.098
น้ำยางสด drc 5	0.053

ตารางที่ ค5 ปริมาณการส่งออกยางแห้งแยกตามชั้น

เดือน/2546	STR XL	STR5L	STR5	STR10	STR20	STRCV	ไม่ระบุ ชั้น	รวม
มกราคม	8	463	-	4,144	54,398	831	14,684	74,528
กุมภาพันธ์	79	454	-	6,275	56,083	882	12,270	76,043
มีนาคม	45	452	-	6,917	68,630	526	16,527	93,097
เมษายน	108	200	18	6,928	63,614	925	20,008	91,801
พฤษภาคม	55	234	-	7,905	52,129	1,037	15,235	76,595
มิถุนายน	133	269	-	10,361	51,771	1,588	17,807	81,929
กรกฎาคม	19	317	-	4,966	51,759	872	19,080	77,007
สิงหาคม	36	442	-	4,237	41,728	936	14,385	61,764
กันยายน	39	473	-	8,592	36,705	1,955	12,326	60,090
ตุลาคม	37	385	-	5,420	51,279	1,296	13,070	71,487
พฤศจิกายน	-	360	-	7,462	48,129	1,145	10,006	67,102
ธันวาคม	19	331	18	6,195	61,058	1,370	12,184	81,157
รวม	578	4,380		79,396	637,283	13,363	177,582	912,600



ตาราง ก6 ปริมาณสารที่ใช้เพื่อทดลองการทำยางดิบแห้งจากน้ำยางสดจับก้อน โดย *Bacillus subtilis* TISTR 25 ร่วมกับ *Acetobacter aceti* TISTR102

ตัวอย่าง	น้ำยางสด drc 41% (ml)	น้ำกลั่น (ml)	<i>B. subtilis</i> (ml)	น้ำยางผสม <i>B. subtilis</i> (ml)	<i>A. aceti</i> (ml)
drc 5	122	678	200	1000	1000
drc 15	366	434	200	1000	1000
drc 25	610	190	200	1000	1000

ตาราง ก7 ปริมาณสารที่ใช้เพื่อทดลองการทำยางดิบแห้งจากน้ำยางข้นจับก้อน โดย *Bacillus subtilis* TISTR 25 ร่วมกับ *Acetobacter aceti* TISTR102

ตัวอย่าง	น้ำยางข้น drc 60 % (ml)	น้ำกลั่น (ml)	<i>B. subtilis</i> (ml)	น้ำยางผสม <i>B. subtilis</i> (ml)	<i>A. aceti</i> (ml)
drc 5	83	717	200	1000	1000
drc 15	250	550	200	1000	1000
drc 25	417	383	200	1000	1000

การทดสอบนัยสำคัญโดยอาศัยการแจกแจงที (t-test) ระหว่างตัวอย่างยางคืบจับก้อนโดยใช้กรดแอสติกและแบคทีเรีย

สมบัติที่ทดสอบ: ปริมาณไนโตรเจนของยางคืบจากน้ำยางสด

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
กรดแอสติก	3	0.37	0.026	4.578
แบคทีเรียสารอาหาร MM	3	0.21	0.055	

สมมติฐาน

$H_0: \mu$  ยางคืบใช้กรดแอสติก =  $\mu$  ยางคืบใช้แบคทีเรียสารอาหาร MM

$H_1: \mu$  ยางคืบใช้กรดแอสติก  $\neq$   $\mu$  ยางคืบใช้แบคทีเรียสารอาหาร MM

กำหนดให้  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$$t = \frac{X_{1,ave} - X_{2,ave}}{\frac{\sqrt{(n_1-1)SD_1^2 + (n_2-1)SD_2^2}}{n_1+n_2-2} \cdot (1/n_1+1/n_2)}$$

$$d.f. = n_1+n_2-2 = 4, \quad t_{0.05,4} = \pm 2.776, \quad t_{cal} = 4.578$$

$$t_{cal} > t_{0.05,4}$$

ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 4.578 อยู่นอกเขตยอมรับ  $H_0$  จึงไม่ยอมรับสมมติฐาน  $H_0$  แต่ยอมรับ  $H_1$  คือ ปริมาณไนโตรเจนในยางคืบจากน้ำยางสดจับก้อนโดยใช้แบคทีเรียสารอาหาร MM มีค่าน้อยกว่ายางคืบใช้กรดแอสติกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 หรือเชื่อมั่นได้ 95 % ว่ายางคืบใช้แบคทีเรียมีปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่ายางคืบใช้กรดแอสติก

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุภาพร ชัยจันทา เกิดเมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดหนองคาย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนสตรีราชินูทิศและระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2545



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย